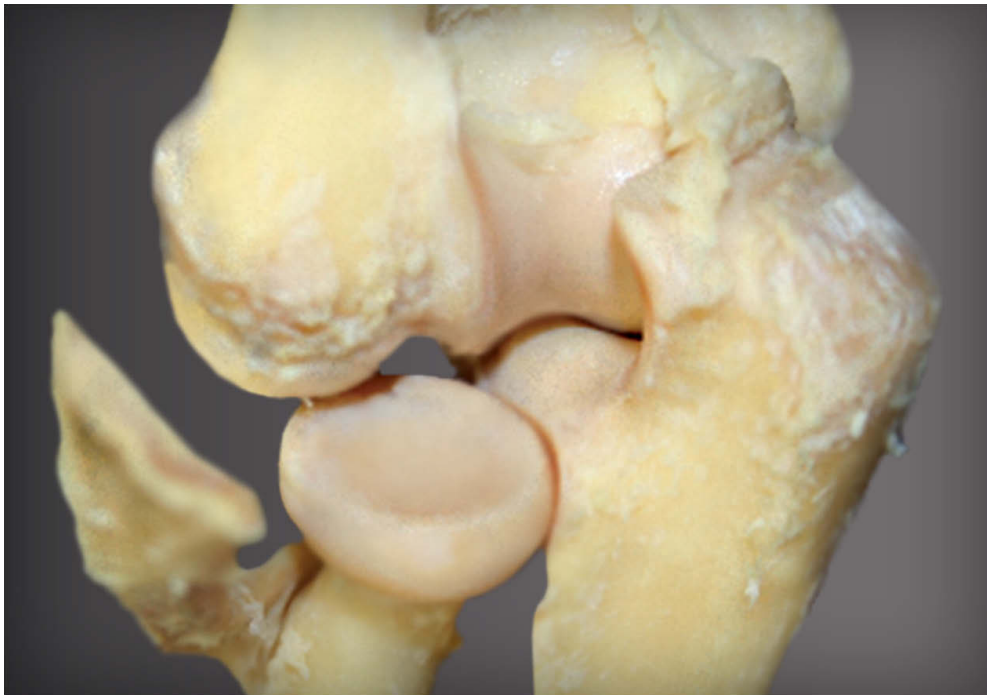


M. C. Müller | O. Weber | C. Burger (Hrsg.)

Chirurgie des Ellenbogens



M. C. Müller | O. Weber | C. Burger (Hrsg.)
Chirurgie des Ellenbogens

M. C. Müller | O. Weber | C. Burger (Hrsg.)

Chirurgie des Ellenbogens

Mit Beiträgen von J. Andermahr, R. Beickert, M. Bittel, J. Bong, K. J. Burkhart, M. Erhardt, D. Erler, D. Fingerhut, C. Frank, T. Gausepohl, P. Göbel, J. Hauser, M. Königshausen, L. von Laer, G. Massoth, M. C. Müller, L. P. Müller, A. Niemeier, T. Notheisen, P. H. Pennekamp, J. Rether, A. Ring, W. Rütther, D. Seybold, P. Soschinski, G. Stein, A. C. Strauss, D. J. Tilkorn, O. Weber, S. Weber, K. Wegmann, M. Wessling, M. Wieser, M. Windemuth, R. Wirbel

Mit 268 Abbildungen in über 600 Einzeldarstellungen und 15 Tabellen.

ISBN (E-BOOK)
978-3-7691-3630-2

www.aerzteverlag.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- oder Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Wichtiger Hinweis:

Die Medizin und das Gesundheitswesen unterliegen einem fortwährenden Entwicklungsprozess, sodass alle Angaben immer nur dem Wissensstand zum Zeitpunkt der Drucklegung entsprechen können. Die angegebenen Empfehlungen wurden von Verfassern und Verlag mit größtmöglicher Sorgfalt erarbeitet und geprüft. Trotz sorgfältiger Manuskripterstellung und Korrektur des Satzes können Fehler nicht ausgeschlossen werden.

Der Benutzer ist aufgefordert, zur Auswahl sowie Dosierung von Medikamenten die Beipackzettel und Fachinformationen der Hersteller zur Kontrolle heranzuziehen und im Zweifelsfall einen Spezialisten zu konsultieren.

Der Benutzer selbst bleibt verantwortlich für jede diagnostische und therapeutische Applikation, Medikation und Dosierung.

Verfasser und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und keine daraus folgende oder sonstige Haftung für Schäden, die auf irgendeine Art aus der Benutzung der in dem Werk enthaltenen Informationen oder Teilen davon entstehen.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Genehmigung des Verlages.

Copyright © 2016 by Deutscher Ärzteverlag GmbH
Dieselstraße 2, 50859 Köln

Umschlagkonzeption: Hans Peter Willberg und
 Ursula Steinhoff

Titelgrafik: Präparat aus dem Anatomischen Institut
 der Universität Bonn

Produktmanagement: Sabine Bosch

Content Management: Alessandra Provenzano

Manuskriptbearbeitung: Adrian Loew

Satz: Plaumann, 47807 Krefeld

Druck/Bindung: Warlich Druck, 53340 Meckenheim

5 4 3 2 1 0 / 612

Herausgeber- und Autorenverzeichnis

Herausgeber

Priv.-Doz. Dr. med. Marcus Christian Müller
Leiter Plastisch-Rekonstruktive
Unfallchirurgie
Klinik und Poliklinik für Orthopädie und
Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Priv.-Doz. Dr. med. Oliver Weber
Leitender Oberarzt
Klinik für Chirurgie und Unfallchirurgie
St. Josefs-Hospital
Uferstr. 7
57368 Lennestadt

Prof. Dr. med. Christof Burger
Leitender Arzt
Unfall-, Hand- und Plastisch-Rekonstruktive
Chirurgie
Klinik und Poliklinik für Orthopädie und
Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Autoren

Prof. Dr. med. Jonas Andermahr
Direktor
Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Kreis Krankenhaus Mechernich
Lehrkrankenhaus der Universität zu Bonn
Sankt-Elisabeth-Str. 2–6
53894 Mechernich

Dr. med. Ruprecht Beickert
Stellvertretender Klinischer Direktor
BG-Unfallklinik Murnau
82418 Murnau

Dr. med. Markus Bittel
Chefarzt
Kinderchirurgische Klinik, Kinderspital Biel
Spitalzentrum Biel
Vogelsang 84
2502 Biel/Bienne

Dr. med. Jürgen Bong
Chefarzt
Klinik für Unfallchirurgie
St. Martinus Krankenhaus Olpe
Hospitalweg 6
57462 Olpe

Priv.-Doz. Dr. med. Klaus J. Burkhart
Klinik für Schulterchirurgie
Rhön-Klinikum
Salzburger Leite 1
97616 Bad Neustadt/Saale

Dr. med. Matthias Erhardt
Oberarzt
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Klinikum Mittelbaden Baden-Baden
Annaberg
Lilienmattstr. 5
76530 Baden-Baden

Dagmar Erler
Leitende Physiotherapeutin
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Dr. med. Dirk Fingerhut
Oberarzt
Klinik für Anästhesie und operative
Intensivmedizin
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Dr. med. Christian Frank
Leitender Arzt
Unfallchirurgie, Klinik für Orthopädie und
Unfallchirurgie
Klinikum Mittelbaden Baden-Baden Balg
Balger Str. 50
76532 Baden-Baden

Priv.-Doz. Dr. med. Thomas Gausepohl
Chefarzt
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie
Lahn-Dill-Kliniken, Klinikum Wetzlar
Forsthausstr. 1
35578 Wetzlar

Dr. med. Pierre Göbel
Chefarzt
Abteilung für Orthopädie
Krankenhaus Maria Hilf
Maria-Hilf-Str. 2
54550 Daun

Priv.-Doz. Dr. Jörg Hauser
Chefarzt
Klinik für Plastische, Rekonstruktive und
Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
Alfried Krupp Krankenhaus Essen
Hellweg 100
45276 Essen

Dr. med. Matthias Königshausen
Chirurgische Universitätsklinik und
Poliklinik
Berufsgenossenschaftliches
Universitätsklinikum Bergmannsheil
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1
44789 Bochum

Prof. em. Dr. med. Lutz von Laer
Badenerstr. 6
5445 Eggenwil
Emeritus Traumatologische Abteilung des
Universitätskinderspitals Basel
Spitalstr. 33
4056 Basel

Gregor Massoth
Klinik für Anästhesie und operative
Intensivmedizin
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Priv.-Doz. Dr. med. Marcus Christian Müller
Leiter Plastisch-Rekonstruktive
Unfallchirurgie
Klinik und Poliklinik für Orthopädie und
Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Prof. Dr. med. Lars Peter Müller
Stellvertretender Direktor, Leiter
Schwerpunkt Unfall-, Hand- und
Ellenbogenchirurgie
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Köln
Kerpener Str. 62
50924 Köln

Prof. Dr. med. Andreas Niemeier
Stellvertretender Klinikdirektor
Klinik und Poliklinik für Orthopädie
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

Dr. med. Thomas Notheisen
Oberarzt
BG-Unfallklinik Ludwigshafen
Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin und
Schmerztherapie
Ludwig-Guttmann-Str. 13
67071 Ludwigshafen

Prof. Dr. med. Peter Heinrich Pennekamp
Chefarzt
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie,
Alterstraumatologie
Malteser Krankenhaus St. Hildegardis
Bachemer Str. 29–33
50931 Köln

Dr. med. Jörg Rether
Leitender Arzt Bereich Rekonstruktive
Chirurgie
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
Schnarrenbergstr. 95
72076 Tübingen

Priv.-Doz. Dr. med. Andrej Ring
Klinik für Plastische Chirurgie und
Schwerbrandverletzte,
Handchirurgiezentrum, Operatives
Referenzzentrum für Gliedmaßen-tumoren
Berufsgenossenschaftliches
Universitätsklinikum Bergmannsheil
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1
44789 Bochum

Prof. Dr. med. Wolfgang Rüther
Klinikdirektor
Klinik und Poliklinik für Orthopädie
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

Priv.-Doz. Dr. med. Dominik Seybold
Leitender Oberarzt
Chirurgische Universitätsklinik und
Poliklinik
Berufsgenossenschaftliches
Universitätsklinikum Bergmannsheil
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1
44789 Bochum

Dr. med. Petra Soschinski
Klinik für Radiologie
St. Elisabeth Krankenhaus, Köln-Hohenlind
Werthmannstr. 1
50935 Köln

Priv.-Doz. Dr. med. Gregor Stein
Oberarzt
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Köln
Kerpener Str. 62
50924 Köln

Dr. med. Andreas C. Strauss
Klinik und Poliklinik für Orthopädie und
Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Priv.-Doz. Dr. med. Daniel J. Tilkorn
Klinik für Plastische, Rekonstruktive und
Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
Alfried Krupp Krankenhaus Essen
Hellweg 100
45276 Essen

Priv.-Doz. Dr. med. Oliver Weber
Leitender Oberarzt
Klinik für Chirurgie und Unfallchirurgie
St. Josefs-Hospital
Uferstr. 7
57368 Lennestadt

Priv.-Doz. Dr. med. Stefan Weber
Geschäftsführender Oberarzt
Klinik für Anästhesie und operative
Intensivmedizin
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Dr. med. Kilian Wegmann
Oberarzt
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Köln
Kerpener Str. 62
50924 Köln

Dr. med. Martin Wessling
Oberarzt
Orthopädische Klinik Volmarstein
Lothar-Gau-Str. 11
58300 Wetter

Dr. med. Michael Wieser
BG-Unfallklinik Ludwigshafen
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie
Ludwig-Guttmann-Str. 13
67071 Ludwigshafen

Dr. med. Michael Windemuth
Oberarzt
Klinik und Poliklinik für Orthopädie und
Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Priv.-Doz. Dr. med. Reiner Wirbel
Chefarzt
Unfallchirurgische Klinik
Verbundkrankenhaus Standort Wittlich
St. Elisabeth Krankenhaus
Koblenzer Str. 91
54516 Wittlich

Vorwort

Erkrankungen des Ellenbogengelenks stellen für Unfallchirurgen und Orthopäden eine klinische Herausforderung dar, die einer differenzierten Analyse und Therapie bedürfen. Oberstes Ziel ist es, funktionelle Einschränkungen für den Patienten zu vermeiden.

Durch die Auswahl renommierter Ellenbogenchirurgen, die die von ihnen verfassten Kapitel in diesem Buch kompetent klinisch vertreten, konnte ein Werk erstellt werden, das die operative Behandlung von Erkrankungen im Bereich des Ellenbogens in seiner Gesamtheit umfassend veranschaulicht. Hierbei wurde seitens der Herausgeber Wert auf die ganzheitliche Darstellung unfallchirurgisch-orthopädisch relevanter Fragestellungen von der radiologischen Diagnostik über die operativen Zugangswege zum Ellenbogengelenk bis hin zur Therapie und physiotherapeutischen Nachbehandlung ellenbogen-assoziiierter Erkrankungen gelegt. Voraussetzung für die operative Behandlung von Erkrankungen des Ellenbogens ist eine adäquate Anästhesie des Patienten, der das Eingangskapitel gewidmet ist. Lutz van Laer verdanken wir aufgrund seiner beispiellosen Expertise die umfassende Darstellung und Behandlung von Verletzungen des Ellenbogengelenks im Wachstumsalter.

Neben der differenzierten Betrachtung der Behandlung weichteiliger und knöcherner Erkrankungen des Ellenbogengelenks einschließlich der arthroskopischen Operationstechniken wird den Korrekturosteotomien und der Pseudarthrosenbehandlung ein eigenes Kapitel gewidmet. Thomas Gausepohl widmet sich ausführlich dem in

der klinischen Praxis häufig vorkommenden Thema der Ellenbogenluxation und beleuchtet eindringlich den Umgang mit möglichen Folgen. Der zunehmenden Bedeutung der Ellenbogengelenksendoprothetik und dem damit unweigerlich verbundenen Komplikationsmanagement insbesondere beim geriatrischen Patienten kommt in diesem Werk besondere Bedeutung zu.

Auf orthopädischem Fachgebiet verdanken wir den Autoren Andreas Niemeier die detaillierte Darstellung der Therapie des rheumatischen Ellenbogens, Peter Pennekamp die beeindruckende Beschreibung von Ellenbogenerkrankungen auf dem Gebiet der Tumororthopädie und der Hämophilie.

Jörg Hauser illustriert eindrücklich aus Sicht des plastisch-rekonstruktiven Chirurgen die weichteilige Defektdeckung, mit deren Hilfe knöcherne Rekonstruktionen erst sinnvoll sein und damit mutilierende Operationen vermieden werden können.

Ein eigenes Kapitel hilft dem Ellenbogenchirurgen, durch korrekte Kodierung von Diagnosen und erbrachter Leistungen, diese DRG-konform abzubilden. Jonas Andermahr vermittelt einen Überblick in spezifischen Fragestellungen hinsichtlich der Begutachtung von Erkrankungen am Ellenbogengelenk.

Abschließend dienen Fallberichte aus dem klinischen Alltag der Autoren dem Leser, Behandlungsoptionen für spezifische ellenbogenassoziierte Erkrankungen aufzuzeigen.

Als Herausgeber fühlen wir uns durch die Mitarbeit der renommierten Autoren geehrt

und möchten uns daher für die außerordentliche Unterstützung bei der Erstellung dieses Werkes bedanken. Unser Dank gilt im besonderen Maße Sabine Bosch und Alessandra Provenzano vom Deutschen Ärzteverlag, die dieses Projekt mit ihrer Erfahrung und Umsicht betreut haben. Lektor Adrian Loew danken wir für die stilistische Überarbeitung und beharrliche Koordination der einzelnen Beiträge der zahlreichen Autoren.

Wir hoffen, dass dieses Werk umfassend Antworten auf die vielen Fragen bei der Behandlung von Erkrankungen und Verletzungen des Ellenbogens liefert.

Bonn, im Mai 2016

Marcus Christian Müller
Oliver Weber
Christof Burger

Inhaltsverzeichnis

1	Anästhesie in der Ellenbogenchirurgie	1
	<i>Stefan U. Weber, Gregor Massoth, Thomas Notheisen, Dirk Fingerhut</i>	
1.1	Einleitung – 3	
1.2	Sensible Innervation der Ellenbogenregion – 3	
1.2.1	Haut – 3	
1.2.2	Gelenkkapsel – 3	
1.2.3	Periost – 4	
1.3	Anästhesiekonzepte in der Ellenbogenchirurgie – 4	
1.3.1	Kleine bis mittelgroße Eingriffe – 5	
1.3.2	Größere Eingriffe – 5	
1.4	Allgemeinanästhesie – 6	
1.5	Regionalanästhesie des Plexus brachialis – 6	
1.5.1	Pro und Contra möglicher Blockadetechniken – 6	
1.5.2	Prinzipien der ultraschallgestützten Plexusanästhesie – 7	
1.5.3	Axilläre Blockade – 8	
1.5.4	Infraklavikuläre Blockade (ICB) – 9	
1.5.5	Supraklavikuläre Blockade (SCB) – 11	
1.5.6	Interskalenäre Blockade – 13	
1.5.7	Komplikationen und Nebenwirkungen – 13	
1.5.8	Motorische Blockade im Rahmen der Plexusblockaden – 13	
1.5.9	Vorteile der Regionalanästhesie des Plexus brachialis – 14	
1.5.10	Strukturelle Voraussetzungen für die Regionalanästhesie des Plexus brachialis – 14	
1.6	Lokale Infiltrationen und intraartikuläre Injektionen – 15	
1.7	Intravenöse Regionalanästhesie (IVRA, Bier-Block) – 15	
1.8	Postoperative Schmerztherapie – 15	
1.8.1	Kontinuierliche Regionalanästhesie – 16	
1.8.2	NSAIDs, Paracetamol – 17	
1.8.3	Opioide – 17	
1.8.4	Physikalische Verfahren – 17	
1.9	Schlussfolgerung – 17	
2	Zugänge zum Ellenbogengelenk	21
	<i>Gregor Stein</i>	
2.1	Der dorsale Zugang – 23	
2.1.1	Indikation – 23	
2.1.2	Lagerung – 23	
2.1.3	Vorgehen – 23	

2.2	Der ventrale Zugang – 26	
2.2.1	Indikation – 26	
2.2.2	Lagerung – 26	
2.2.3	Vorgehen – 26	
2.3	Der ulnare/mediale Zugang – 27	
2.3.1	Indikation – 27	
2.3.2	Lagerung – 27	
2.3.3	Vorgehen – 27	
2.4	Der radiale/laterale Zugang – 28	
2.4.1	Indikation – 28	
2.4.2	Lagerung – 28	
2.4.3	Vorgehen – 28	
3	Bildgebung am Ellenbogen	29
	<i>Petra Soschinski</i>	
3.1	Einführung – 31	
3.2	Konventionelle radiologische Diagnostik – 31	
3.2.1	Anfertigung der Standardaufnahmen – 31	
3.2.2	Bildinterpretation – 31	
3.3	Computertomografie – 35	
3.3.1	Lagerung – 36	
3.3.2	Untersuchung – 36	
3.4	Magnetresonanztomografie – 38	
3.4.1	Lagerung – 39	
3.4.2	Untersuchung – 39	
3.4.3	Standardprotokoll – 39	
3.4.4	Indikationen – 40	
3.5	Radiologische Bildgebung des kindlichen Ellenbogengelenks – 41	
4	Ellenbogenverletzungen im Wachstumsalter	43
	<i>Reiner Wirbel, Markus Bittel, Lutz von Laer</i>	
4.1	Einführung – 45	
4.2	Diagnose – 45	
4.2.1	Diagnostische Hinweise im Standardröntgen – 45	
4.2.2	Diagnostische Techniken – 47	
4.3	Verletzungsmuster – 48	
4.4	Wachstumsprognose – 49	
4.5	Die einzelnen Verletzungen – 53	
4.5.1	Die suprakondylären Humerusfrakturen – 53	
4.5.2	Die epikondylären Frakturen des Humerus – 59	
4.5.3	Die transkondylären Frakturen – 60	
4.5.4	Die Frakturen des proximalen Radiusendes – 68	
4.5.5	Die Olekranonfrakturen – 71	
4.5.6	Die Luxationen – 72	
4.5.7	Die Pronation doloreuse Chassaignac (Pronationsblockade) – 78	
4.5.8	Komplikationen – 78	
4.6	Resümee – 90	

5	Weichteilverletzungen und Erkrankungen am Ellenbogen	97
5.1	Das Kubitaltunnelsyndrom – 99 <i>Michael Windemuth, Marcus Christian Müller</i>	
5.1.1	Ätiologie – 99	
5.1.2	Klinische Untersuchung und Diagnostik – 99	
5.1.3	Therapie – 101	
5.1.4	Komplikationen und Prognose – 102	
5.2	Epicondylitis humeri radialis – 103 <i>Michael Windemuth, Marcus Christian Müller</i>	
5.2.1	Ätiologie – 103	
5.2.2	Klinische Untersuchung – 103	
5.2.3	Therapie – 103	
5.2.4	Prognose – 105	
5.3	Epicondylitis humeri ulnaris – 106 <i>Michael Windemuth, Marcus Christian Müller</i>	
5.3.1	Ätiologie – 106	
5.3.2	Diagnostik – 106	
5.3.3	Therapie – 106	
5.3.4	Prognose – 107	
5.4	Die distale Bizepssehnenruptur – 107 <i>Oliver Weber</i>	
5.4.1	Anatomie – 107	
5.4.2	Ätiologie – 107	
5.4.3	Klinik und Diagnostik – 107	
5.4.4	Therapie – 108	
5.4.5	Fazit – 111	
5.5	Die distale Trizepssehnenruptur – 112 <i>Marcus Christian Müller</i>	
5.5.1	Epidemiologie und Unfallmechanismus – 112	
5.5.2	Klinische Untersuchung und Diagnostik – 112	
5.5.3	Therapie – 112	
5.5.4	Operationstechnik: Naht der distalen Trizepssehnenruptur – 113	
5.6	Die Ellenbogenluxation und -instabilität – 115 <i>Thomas Gausepohl</i>	
5.6.1	Funktionell-anatomische Vorbemerkungen zur Gelenkmechanik – 115	
5.6.2	Die funktionelle Anatomie des Kollateralbandsystems – 116	
5.6.3	Typische Luxationsformen – 118	
5.6.4	Instabilitätsformen und therapeutische Ansätze – 120	
5.6.5	Einsatzmöglichkeiten des Bewegungsfixateur externe – 126	
5.6.6	Sonderformen der Luxation – 129	
5.6.7	Kindliche Luxationen – 129	
5.7	Das steife Ellenbogengelenk – 135 <i>Thomas Gausepohl</i>	
5.7.1	Einleitung – 135	
5.7.2	Untersuchung – 141	
5.7.3	Systematik der posttraumatischen Einsteifungsursachen – 142	

5.7.4	Voraussetzungen für die Arthrolyse –	143
5.7.5	Intraartikuläre Fehlstellungen (Korrekturosteotomien) –	145
5.7.6	Materialfehlfrage (Materialentfernung) –	153
5.7.7	Zeitpunkt der Arthrolyse –	154
5.7.8	Radioulnare (seltener humeroulnare) Ankylosen –	155
5.7.9	Heterotope Ossifikationen (Resektion der mechanischen Hindernisse) –	156
5.7.10	Nervenkompressionssyndrome (Neurolyse) –	159
5.7.11	Kapselfibrose (einschließlich fibrosierter Kollateralbandanteile) –	159
5.7.12	Die Technik der Distraktionsarthrolyse –	160
6	Knöcherner Verletzungen des Ellenbogengelenks	169
6.1	Die distale Humerusfraktur des Erwachsenen –	171
	<i>Marcus Christian Müller</i>	
6.1.1	Anatomie und Operationszugang –	171
6.1.2	Epidemiologie und Unfallmechanismus –	171
6.1.3	Klassifikation –	172
6.1.4	Klinische Untersuchung –	172
6.1.5	Radiologische Diagnostik –	173
6.1.6	Therapie –	173
6.1.7	Konservative Therapie –	175
6.1.8	Operative Therapie –	175
6.2	Die Radiuskopffraktur –	184
	<i>Marcus Christian Müller</i>	
6.2.1	Anatomie und Biomechanik –	184
6.2.2	Epidemiologie und Unfallmechanismus –	185
6.2.3	Klinische Untersuchung –	186
6.2.4	Radiologische Diagnostik –	186
6.2.5	Klassifikation –	186
6.2.6	Therapie –	187
6.2.7	Die Radiuskopfprothese –	188
6.3	Olekranonfrakturen –	195
	<i>Matthias Königshausen, Dominik Seybold</i>	
6.3.1	Epidemiologie und Unfallmechanismen –	195
6.3.2	Diagnostik und Klassifikation –	196
6.3.3	Konservative Therapie –	196
6.3.4	Operative Verfahren –	197
6.4	Frakturen des Processus coronoideus ulnae –	205
	<i>Marcus Christian Müller</i>	
6.4.1	Epidemiologie, Biomechanik und Klassifikation –	205
6.4.2	Diagnostik –	206
6.4.3	Therapie –	206
6.4.4	Operationstechnik –	207
6.4.5	Prognose –	208

6.5	Die Monteggia-Frakturen – 208 <i>Matthias Königshausen, Dominik Seybold</i>	
6.5.1	Definition und Unfallmechanismus – 208	
6.5.2	Unfallmechanismus und Klassifikation – 208	
6.5.3	Diagnostik – 209	
6.5.4	Operative Therapie – 209	
6.6	Die Essex-Lopresti-Verletzung – 216 <i>Jörg Rether</i>	
6.6.1	Definition – 216	
6.6.2	Anatomie – 216	
6.6.3	Ätiologie und Biomechanik – 217	
6.6.4	Häufigkeit und Begleitverletzungen – 218	
6.6.5	Diagnostik und Klassifikation – 218	
6.6.6	Therapie – 220	
7	Die Arthroskopie des Ellenbogengelenks	225
	<i>Christan Frank, Matthias Erhardt</i>	
7.1	Präoperative Diagnostik – 227	
7.2	Klinische Untersuchung – 227	
7.3	Radiologische Diagnostik – 228	
7.4	Operationsindikation – 228	
7.5	Lagerung – 228	
7.6	Operationstechnik – 229	
7.7	OP-Indikationen – 231	
7.7.1	Synovialitiden – 231	
7.7.2	Die pigmentierte villonoduläre Synovialitis (PVNS) – 231	
7.7.3	Freie Gelenkkörper – 231	
7.7.4	Osteochondrose, Osteochondrosis dissecans, Morbus Panner – 231	
7.7.5	Arthrofibrose, posttraumatische Bewegungseinschränkung/ Arthrose – 232	
7.7.6	Bandverletzungen, Luxationen/posterolaterale Instabilität – 233	
7.8	Komplikationen – 233	
8	Korrekturosteotomien und Pseudarthrosenbehandlung im Bereich des Ellenbogengelenks beim Erwachsenen	235
	<i>Christian Frank, Michael Wieser</i>	
8.1	Anatomie – 237	
8.2	Ätiologie korrekturbedürftiger Fehlstellungen – 237	
8.3	Klinik und Diagnostik – 237	
8.4	Therapie – 238	
8.4.1	Indikationsstellung zum korrigierenden Eingriff beim Erwachsenen – 238	
8.4.2	Präoperative Planung – 238	
8.4.3	Korrekturosteotomie bei länger bestehenden Fehlstellungen – 238	
8.4.4	Korrekturen in der Frühphase nach Frakturen – 241	
8.4.5	Zustände nach Monteggia- oder Chassaignac-Läsion – 241	

8.5	Pseudarthrosen – 241	
8.5.1	Anatomie – 241	
8.5.2	Ätiologie der Pseudarthrosen – 241	
8.5.3	Klinik und Diagnostik – 242	
8.5.4	Therapie – 242	
8.6	Nachbehandlung und begleitende Maßnahmen – 242	
8.7	Komplikationen – 243	
8.8	Zusammenfassung – 243	
9	Endoprothetik am Ellenbogen	245
9.1	Die humeroulnare Prothese nach Fraktur – 247	
	<i>Oliver Weber</i>	
9.1.1	Entwicklung und Differenzierung der Prothetik am humeroulnaren Ellenbogen – 247	
9.1.2	Präoperatives Management – 248	
9.1.3	Intraoperatives Management und operative Technik – 250	
9.1.4	Nachbehandlung und Komplikationen – 252	
9.2	Differenzierung zwischen Osteosynthese und Endoprothese beim geriatrischen Patienten – 255	
	<i>Oliver Weber</i>	
9.2.1	Einleitung – 255	
9.2.2	Ergebnisse – 256	
9.2.3	Komplikationen – 256	
9.2.4	Indikationen – 258	
9.2.5	Alternativen – 258	
9.2.6	Fazit – 259	
9.3	Tumorendoprothetik am Ellenbogengelenk – 260	
	<i>Peter H. Pennekamp, Martin Wessling</i>	
9.3.1	Einleitung – 260	
9.3.2	Bildgebung – 262	
9.3.3	Biopsie – 262	
9.3.4	Indikation zum Extremitätenerhalt – 263	
9.3.5	Tumoresektion – 263	
9.3.6	Tumorendoprothetische Rekonstruktion – 263	
9.3.7	Fazit – 264	
9.3.8	Fallbeispiele – 265	
9.4	Komplikationsmanagement in der Ellenbogenendoprothetik – 268	
	<i>Kilian Wegmann, Klaus J. Burkhart, Lars Peter Müller</i>	
9.4.1	Einleitung – 268	
9.4.2	Ätiologie – 269	
9.4.3	Technik der Revisionsendoprothetik – 276	
9.4.4	Aseptischer Prothesenwechsel – 278	
9.4.5	Septischer Prothesenwechsel – 282	
9.4.6	Prognose – 283	

10	Chirurgie des rheumatischen Ellenbogengelenks	287
	<i>Andreas Niemeier, Wolfgang R��ther</i>	
10.1	Einleitung –	289
10.2	Pathologie und natürlicher Verlauf der rheumatischen Ellenbogenerkrankungen –	289
10.3	Konservative Therapie –	291
10.4	Operative Therapie –	293
10.4.1	Allgemeines –	293
10.4.2	Einzelne Operationsverfahren –	294
10.5	Zusammenfassung –	303
11	Die hämophile Arthropathie des Ellenbogengelenks	307
	<i>Peter H. Pennekamp, Andreas C. Strauss</i>	
11.1	Pathophysiologie der hämophilen Arthropathie des Ellenbogengelenks –	310
11.2	Nervenkompressionssyndrom –	311
11.3	Konservative Therapie –	311
11.3.1	Radiosynoviorthese –	312
11.4	Operative Therapie –	312
11.4.1	Allgemeines –	312
11.4.2	Arthroskopie –	313
11.4.3	Offene Synovektomie –	314
11.4.4	Endoprothetik –	314
11.5	Zusammenfassung –	314
12	Plastisch-chirurgische Weichteildeckungsverfahren im Bereich des Ellenbogengelenks	317
	<i>J��rg Hauser, Andrej Ring, Daniel J. Tilkorn</i>	
12.1	Prinzipien der Primärbehandlung –	319
12.2	Plastisch-rekonstruktive Verfahren –	319
12.2.1	Freie Spalthauttransplantation –	320
12.2.2	Lokale Lappenplastiken –	320
12.2.3	Regionale Lappenplastiken –	321
12.2.4	Gestielte Fernlappenplastiken –	323
12.2.5	Freie Lappenplastiken –	324
12.3	Zusammenfassung –	325
13	Komplikationen in der Ellenbogengelenkchirurgie	327
	<i>Ruprecht Beickert</i>	
13.1	Einleitung –	329
13.2	Komplikationsmanagement genereller Indikationen –	329
13.2.1	Management der gestörten Wundheilung und der Wundinfektion –	329
13.2.2	Management der gestörten Knochenbruchheilung und der Pseudarthrose –	330
13.2.3	Management der Ellenbogengelenksteife –	331
13.3	Komplikationsmanagement spezieller Indikationen –	336
13.3.1	Distale Humerusfraktur –	336
13.3.2	Proximale Unterarmfraktur –	338
13.3.3	Proximale Radiusfraktur –	341

13.3.4	Die Radiuskopfprothese –	341
13.3.5	Ruptur der distalen Bizepssehne –	342
13.3.6	Ellenbogengelenkluxation –	342
13.3.7	Arthroskopische Chirurgie –	343
14	Physiotherapie des Ellenbogengelenks	347
	<i>Dagmar Erler</i>	
14.1	Physiotherapie nach Frakturbehandlung oder endoprothetischem Ersatz am Ellenbogengelenk –	349
14.1.1	Schwellungsabbau –	350
14.1.2	Schmerzlinderung –	350
14.1.3	Aktive Beweglichkeit im Ellenbogengelenk –	350
14.1.4	Prophylaxe von Bewegungseinschränkungen der angrenzenden Gelenke (Schulter und Handgelenk) –	350
14.1.5	Prophylaxe von Atrophien der Hand- und Armmuskulatur der betroffenen Extremität –	350
14.1.6	Innervationsschulung –	351
14.2	Physiotherapie bei Epicondylitis radialis und ulnaris –	352
14.2.1	Querfriktion –	352
14.2.2	Ultraschall, mit z.B. Voltaren Emulgel –	352
14.2.3	Kinesio Taping –	353
15	DRG-Systematik und Kodierung der Chirurgie des Ellenbogens	355
	<i>Pierre Göbel</i>	
15.1	Einleitung –	357
15.2	Systematik des DRG-Systems –	358
15.2.1	Z-DRGs: DRGs ohne Unterteilung –	358
15.2.2	Schweregrade und Steigerung von DRGs –	358
15.2.3	Verweildauersystematik im DRG-System –	359
15.3	Problematik des DRG-Systems am Ellenbogen und in der arthroskopischen Chirurgie –	360
15.4	Kodierungsbeispiele und Kostenmatrix –	360
15.4.1	Radiuskopffrakturen –	361
15.4.2	Olekranonfraktur –	361
15.4.3	Arthrodesen Ellenbogen –	362
15.4.4	Tumorentfernung am Ellenbogen (humeral) –	362
15.4.5	Ulnakopfprothese –	362
15.5	Zusammenfassung –	363
16	Begutachtung von Erkrankungen am Ellenbogen	365
	<i>Jonas Andermahr</i>	
16.1	Allgemeine Anmerkungen –	367
16.2	Befunderhebung –	369
16.3	Berufserkrankungen –	370
16.3.1	Schleimbeutelentzündung des Olekranons –	370
16.3.2	Epikondylitis –	370
16.3.3	Freie Gelenkkörper –	371

16.4	Behandlungsfehler nach Ellenbogenverletzungen – 371	
16.4.1	Krallenhand – 371	
16.4.2	Fallhand – 371	
16.4.3	Volkman-Kontraktur – 372	
16.4.4	Valgus-Varus-Fehlstellung bei suprakondylären kindlichen Frakturen – 372	
16.4.5	Kindliche Monteggia-Läsion – 372	
16.4.6	Epiphysiolyse des Radiuskopfes – 372	
16.4.7	Instabilität des Ellenbogens – 373	
16.4.8	Ellenbogensteife – 373	
17	Fallberichte	375
17.1	Therapie einer Radiushalspseudarthrose mittels niedrigintensiv gepulsten Ultraschalls – 377 <i>Marcus Christian Müller</i>	
17.2	Lateraler Oberarmklappen zur Behandlung der chronischen Bursitis olecrani – 379 <i>Marcus Christian Müller</i>	
17.3	Offene Reposition dislozierter Capitulumfrakturen – 382 <i>Oliver Weber, Jürgen Bong</i>	
17.3.1	Operative Technik – 382	
17.3.2	Nachbehandlung – 384	
17.4	Offene Reposition einer dislozierten Capitulumfraktur über einen ventralen Zugang beim Kind – 384 <i>Peter H. Pennekamp, Marcus Christian Müller</i>	
17.5	Offene Reposition einer dislozierten Capitulumepiphyse über einen radialen Zugang beim Kind – 386 <i>Matthias Königshausen, Dominik Seybold</i>	
17.6	Totaler Humerusersatz als Komplikationsmanagement bei periprothetischer Humerusfraktur – 388 <i>Kilian Wegmann, Klaus Burkhart, Lars-Peter Müller</i>	
	Stichwortverzeichnis	397

1 Anästhesie in der Ellenbogenchirurgie

1.1	Einleitung	3
1.2	Sensible Innervation der Ellenbogenregion	3
1.3	Anästhesiekonzepte in der Ellenbogenchirurgie	4
1.4	Allgemeinanästhesie	6
1.5	Regionalanästhesie des Plexus brachialis	6
1.6	Lokale Infiltrationen und intraartikuläre Injektionen	15
1.7	Intravenöse Regionalanästhesie (IVRA, Bier-Block)	15
1.8	Postoperative Schmerztherapie	15
1.9	Schlussfolgerung	17

1 Anästhesie in der Ellenbogenchirurgie

Stefan U. Weber, Gregor Massoth, Thomas Notheisen, Dirk Fingerhut

1.1 Einleitung

Die Ellenbogenchirurgie verzeichnete in den vergangenen Jahren steigende Operationszahlen und ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl an Operationsverfahren. Die Aufgabe der Anästhesie besteht darin, intra- sowie postoperativ die Schmerzfreiheit und somit die Operationsfähigkeit des Patienten sicherzustellen. Neben der Vollnarkose ergibt sich gerade im Bereich der Extremitäten die Option der Regionalanästhesie, die in den letzten Jahren durch die Entwicklung von innovativen Ultraschalltechniken immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die kontinuierliche Regionalanästhesie bietet klare Vorteile in der postoperativen Schmerztherapie. Im Folgenden werden geeignete Anästhesieverfahren in Abhängigkeit von der Ausdehnung des operativen Eingriffes vor dem Hintergrund anatomischer und praktischer Erwägungen diskutiert. Die Verfahren orientieren sich hierbei an der sensiblen Innervation der Zielstrukturen.

1.2 Sensible Innervation der Ellenbogenregion

Bei operativen Eingriffen im Bereich des Ellenbogengelenks muss eine Schmerzausschaltung sowohl im Bereich der Haut, der Gelenkkapsel als auch des Periosts gewährleistet werden.

1.2.1 Haut

Die sensible Innervation der Haut im Bereich des Ellenbogengelenks (s. Abb. 1.1) erfolgt durch folgende Hautnerven, welche größtenteils der Pars infraclavicularis des Plexus brachialis entspringen und im Rahmen einer Ellenbogenoperation i.d.R. je nach Wahl des operativen Zugangs gereizt werden können [1]:

- ▲ N. cutaneus brachii medialis (Th1) und N. intercostobrachialis (aus den Segmenten Th2–Th3; lagern sich als Hautäste des 2. und 3. Interkostalnerven dem N. cutaneus brachii medialis an)
- ▲ N. cutaneus brachii lateralis inferior (N. radialis aus den Segmenten C6–Th1)
- ▲ N. cutaneus antebrachii medialis (aus den Segmenten C8–Th1)
- ▲ N. cutaneus antebrachii posterior (N. radialis aus den Segmenten C6–Th1)
- ▲ N. cutaneus antebrachii lateralis (N. musculocutaneus aus den Segmenten C5–C7)

1.2.2 Gelenkkapsel

Die Gelenkkapsel des Ellenbogengelenks wird durch Fasern (Rr. articulares) aller 3 Hauptnerven des Armes versorgt (N. medianus, N. radialis und N. ulnaris), die wiederum im Bereich der Axilla aus den 3 Faszikeln des Plexus brachialis hervorgehen [3, 4].

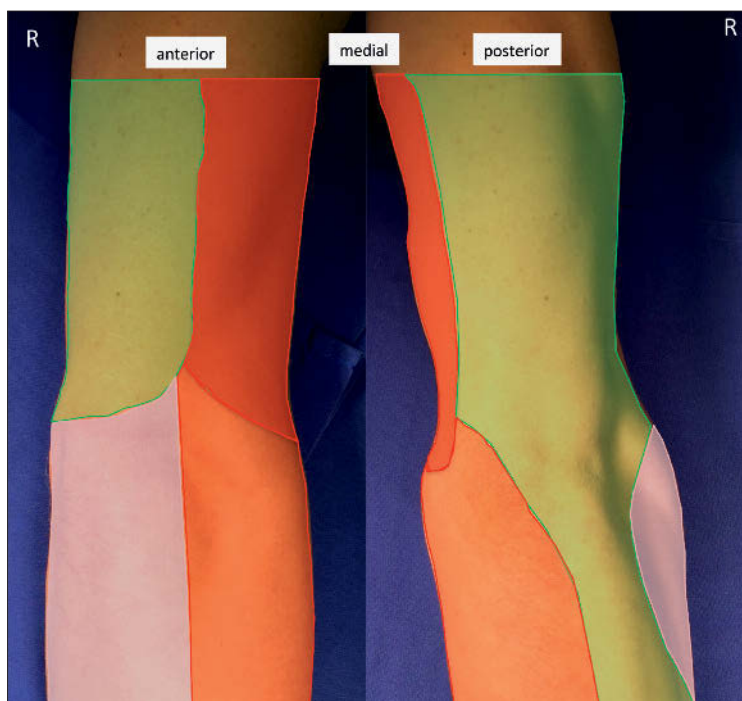


Abb. 1.1: Sensible Versorgung der Haut im Bereich des Ellenbogengelenks. Schematische Skizze: N. intercostobrachialis und N. cutaneus brachii medialis (**rot**), N. antebrachii medialis (**orange**), N. radialis (**grün**), N. musculocutaneus (**violett**) [nach 2]. Mit freundlicher Genehmigung der Springer Science+Business Media

1.2.3 Periost

Insbesondere im Rahmen von größeren chirurgischen Eingriffen findet auch eine Reizung des Periosts statt (s. Abb. 1.2), wobei es zu beachten gilt, dass dessen Innervation nicht der Projektion der Hautinnervation entspricht [2].

Der Humerus wird im Bereich des Ellenbogengelenks durch Fasern des N. musculocutaneus versorgt.

Sensible Fasern des N. radialis gelangen zur Knochenhaut des Epicondylus lateralis humeri. Auf der Gegenseite lässt sich das Periost des Epicondylus medialis dem Nervus medianus (ventral) und dem Nervus ulnaris (dorsal) zuordnen.

Die Innervation der Ulna ist komplex: Die gelenknahen Anteile und das Olekranon können dem N. ulnaris zugewiesen werden, der ventrale Teil der Knochenhaut gehört zum Versorgungsgebiet des Nervus medianus. Der Nervus radialis ist im Bereich der gelenkfernen Teile beteiligt.

Ein Großteil des Radius wird ebenfalls vom Nervus radialis (ventraler Anteil) und vom Nervus medianus (dorsaler Anteil) versorgt, mit Ausnahme des dorsalen Bereichs des Caput radii, in das sensible Nervenfasern des Nervus ulnaris gelangen.

1.3 Anästhesiekonzepte in der Ellenbogenchirurgie

Für die Auswahl des individuell adäquaten Narkoseverfahrens für den elektiven chirurgischen Eingriff am Ellenbogen sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen [5]:

- ▲ Größe des geplanten operativen Eingriffs
- ▲ Patientenwunsch
- ▲ Begleiterkrankungen
- ▲ Kontraindikationen
- ▲ Hausinterne interdisziplinäre Vereinbarungen

Als Verfahren steht dabei grundsätzlich das Spektrum von Lokalanästhesie über intrave-

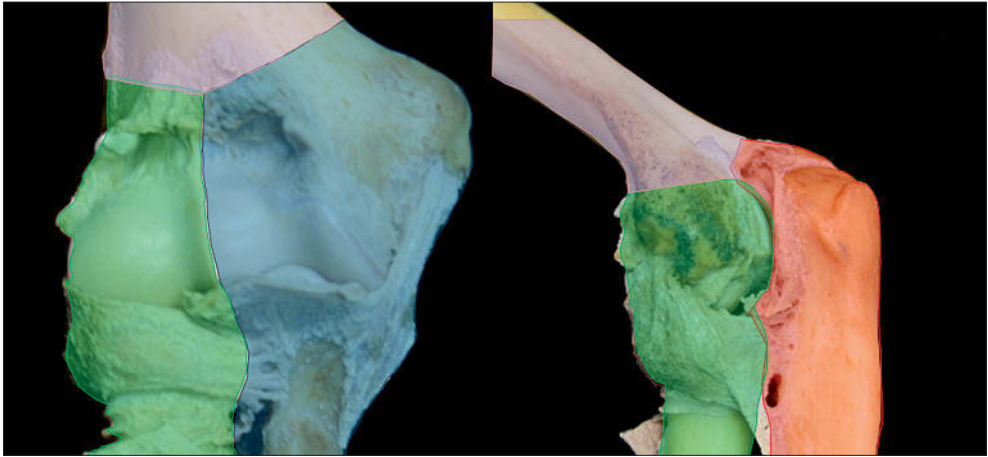


Abb. 1.2: Sensible Versorgung des Periosts im Ellenbogengelenk. Schematische Skizze: N. medianus (blau), N. ulnaris (rot), N. radialis (grün), N. musculocutaneus (violett) [modifiziert nach 2]; mit freundlicher Genehmigung von PD Dr. med. Marcus C. Müller

nöse Regionalanästhesie (IVRA), Regionalanästhesie als Single-shot- oder Katheterv Verfahren und die Allgemeinanästhesie allein oder in Kombination mit einer Regionalanästhesie zur Verfügung. Es ist die Aufgabe des Anästhesisten, interdisziplinär unter Berücksichtigung des Patientenwunsches das für den jeweiligen geplanten operativen Eingriff passende Anästhesieverfahren auszuwählen [5].

1.3.1 Kleine bis mittelgroße Eingriffe

Hierzu zählen z.B. Hautexzisionen, die operative Entfernung oberflächlicher Tumoren sowie die operative Entlastung des Sulcus-ulnaris-Syndroms und der Epicondylitis radialis humeri [5–7]. Bei streng oberflächlich gelegenen Eingriffslokalisationen stellt die Infiltration eines Lokalanästhetikums in das Wundgebiet durch den Operateur ein probates Mittel dar [5]. Eingriffe, die auch tiefere Gewebsschichten betreffen, sind erfolgreich in einer IVRA, unterstützt durch eine lokale Infiltration der Wunde mit einem langwirkenden Lokalanästhetikum am Ende des Eingriffs durchführbar [5]. Liegt das OP-Gebiet streng im Versorgungsbereich eines einzel-

nen peripheren Nervs (s. Abb. 1.1), ist prinzipiell auch eine Einzelblockade des entsprechenden Nervs möglich. Für die detaillierte Beschreibung der Einzelblockaden sei auf anästhesiologische Lehrbücher verwiesen.

1.3.2 Größere Eingriffe

Zu dieser Kategorie werden z.B. die Arthroskopie des Ellenbogengelenks, Osteosynthesen und Arthrodesen sowie der endoprothetische Ellenbogengelenkersatz gezählt. In der Regel werden diese Eingriffe in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Eine Kombination aus Allgemeinanästhesie und der Blockade des Plexus brachialis mit und ohne lokaler Wund-/Gelenkinfiltration ist möglich [5, 8]. Die Plexusblockade kann entweder im Single-shot-Verfahren oder als kontinuierliche Regionalanästhesie (CRA) erfolgen [5]. In der Literatur finden sich Berichte, wonach ein Teil dieser Eingriffe erfolgreich auch als Mono-Regionalanästhesien in Kombination mit einer intraoperativen Sedierung durchgeführt wird [9]. Ob ein Eingriff am Ellenbogen in Regionalanästhesie und/oder in Allgemeinanästhesie durchgeführt wird, ist nicht zuletzt auch von der angestrebten intraope-

rativen Lagerung des Patienten abhängig: Arthroskopien in Bauchlage werden meistens in Allgemeinanästhesie durchgeführt [5, 10, 11]. Ist bei Eingriffen mit stärksten und länger anhaltenden Schmerzen zu rechnen, wie z.B. bei Osteosynthesen des distalen Humerus oder beim endoprothetischen Ellenbogengelenkersatz, so empfiehlt sich, die Blockade des Plexus brachialis als CRA durchzuführen, um eine adäquate postoperative Analgesie, auch für die sich anschließende Physiotherapie, zu gewährleisten [5].

Gerade auch im Bereich der Ellenbogen-gelenkprothetik konnte gezeigt werden, dass Patienten von einer Blockade des Plexus brachialis zusätzlich zur Allgemeinanästhesie perioperativ profitieren [12].

1.4 Allgemeinanästhesie

Die Allgemeinanästhesie hat in der Ellenbogenchirurgie sowohl als alleiniges Verfahren als auch ergänzend zur Regionalanästhesie ihren festen Platz (s. Abschn. 1.5) [5, 13]. Dieser Umstand ist der breiten Verfügbarkeit und relativ einfachen Durchführbarkeit der Allgemeinanästhesie zu verdanken. Vorteilhaft ist sie insbesondere bei Eingriffen, die eine komplette Muskelrelaxation erfordern, wie z.B. der Arthroskopie sowie der Endoprothetik des Ellenbogengelenks. Diese wird durch die Anwendung von nicht-depolarisierenden Muskelrelaxantien gewährleistet [5, 10].

1.5 Regionalanästhesie des Plexus brachialis

1.5.1 Pro und Contra möglicher Blockadetechniken

Der Plexus brachialis kann für die Ellenbogenchirurgie von peripher nach zentral auf verschiedenen Ebenen blockiert werden:

- ▲ Axillär
- ▲ Infraklavikulär
- ▲ Supraklavikulär

Bei Blockaden auf diesen Höhen werden sämtliche relevanten sensorischen Nerven im Bereich des Ellenbogens erfasst. Das Risiko einer insuffizienten intraoperativen Analgesie 30 min nach der Blockanlage ist bei den oben beschriebenen Plexusblockaden laut einer aktuellen Cochrane-Analyse gleich niedrig [14]. Jede einzelne Methode bietet Vor- und Nachteile, die im Folgenden diskutiert werden. Die interskalenäre Blockade eignet sich hier nicht uneingeschränkt (Diskussion im weiteren Verlauf des Kapitels).

Die Durchführung der Blockaden wird aus Gründen der hohen Erfolgsrate und der Sicherheit ultraschallgestützt empfohlen.

▲ Die **axilläre Blockade** ist für die Betäubung des Ellenbogens unter der Voraussetzung geeignet, dass der N. musculocutaneus mit eingeschlossen wird. Dies geschieht am sichersten in einer Multiinjektionstechnik, was die Durchführung im Vergleich der Methoden u.U. verlängert [15]. Im Fall von iatrogenen Gefäßverletzungen ist eine Kompression im Bereich der Axilla eher möglich als bei den anderen Verfahren. Die Gefahr, einen Pneumothorax zu erzeugen, ist sehr niedrig. Ggf. ist die Platzierung eines Katheters zur Durchführung einer kontinuierlichen Regionalanästhesie aus hygienischer Sicht kritisch zu betrachten [16, 17], wobei dieses Problem durch die Anwendung der In-plane-Punktionstechnik verhindert werden kann.

▲ Die **infraklavikuläre Blockade** bietet die Vorteile einer sicheren Erfassung des N. musculocutaneus und die niedrigere Rate an Tourniquet-Schmerzen im Vergleich zu den anderen Techniken [14]. In Bezug auf die Blockade der anderen Hauptnerven des Armes wurden allerdings keine Unterschiede zu den anderen Blockade-

verfahren festgestellt [14]. Als vorteilhaft anzusehen ist, dass im Rahmen der infraklavikulären Blockadetechnik keine Phrenikuspareesen auftreten [14]. Allerdings ist eine Kompression der A. und V. axillaris im Bereich des Blockadeortes nach akzidenteller Gefäßpunktion – der Hauptkomplikation dieser Blockadetechnik – nicht möglich ist. Daher ist die infraklavikuläre Blockade bei Patienten mit erhöhter Blutungsneigung mit besonderer Vorsicht durchzuführen [14]. Prinzipiell sind auch Pleuraverletzungen möglich. Die Pleura ist jedoch sonografisch gut darstellbar. Zudem besteht eine größere Distanz zu den Nervenstrukturen als bei der supraklavikulären Plexusanästhesie. Die benötigten Volumina an Lokalanästhetika sind meist höher als bei den genannten Techniken. Die Platzierung eines Katheters ist möglich und hygienisch gut zu handhaben.

- Die **supraklavikuläre Blockade** erfasst sicher alle relevanten Nerven im Bereich des Ellenbogens. Allerdings ist für sie – im Vergleich zu der infraklavikulären und axillären Plexusblockadetechnik – die höchste Rate an iatrogenen Horner-Syndromen beschrieben [15]. Die Rate akzidenteller Phrenikuspareesen liegt deutlich höher als bei der infraklavikulären Blockade [14]. Auch hier bestehen die Komplikationsmöglichkeiten von Gefäßverletzung und eines Pneumothoraxes. Die Pneumothoraxrate liegt bei beiden sonografisch geführten periklavikulären Blockaden bei 0,06% [18].

Im Hinblick auf das Auftreten weiterer Komplikationen zeigten sich im direkten Vergleich der axillären und der beiden periklavikulären Blockadeverfahren zueinander keine Unterschiede [14].

Die infraklavikuläre Blockade bietet in der Summe die meisten Vorteile (insbesondere im Hinblick auf die reduzierte Rate an

Tourniquet-Schmerzen) und könnte sich zum Verfahren der Wahl entwickeln, nicht zuletzt, da sie in Studien eine hohe Erfolgsrate (88% d.F.) aufzuweisen hat [14].

1.5.2 Prinzipien der ultraschall-gestützten Plexusanästhesie

Der Einsatz von Ultraschall hat sich zum Standardverfahren bei Blockaden des Plexus brachialis entwickelt – u.a., weil sowohl die Zielstrukturen als auch die zu meidenden Strukturen, wie Gefäße und Pleura, sonografisch gut darstellbar sind. Dies kann insbesondere im Hinblick auf die hohe Variabilität der Anatomie des Plexus brachialis von Vorteil sein [19]. Um eine höchstmögliche Sicherheit beim Vorschub der Kanüle zu gewährleisten, ist bei den periklavikulären Blockaden die **In-plane-Technik** (Punktion längs zur Schallebene mit langer Achse) vorzuziehen, da hierbei die Nadelspitze zu jedem Zeitpunkt visualisiert werden kann [20]. Intraneurale Injektionen sind zu vermeiden. Bei der axillären Blockade sind sowohl In-plane- als auch **Out-of-plane-Techniken** (Punktion quer zur Schallebene mit kurzer Achse) prinzipiell möglich.

Grundsätzlich kann im Bereich des Plexus brachialis die Ultraschallsteuerung mit elektrischer Nervenstimulation kombiniert werden (dual guidance) mit dem Ziel, Nerven sicher zu lokalisieren und Verletzungen von Nerven und Begleitstrukturen zu vermeiden. Techniken zur Nervenlokalisierung sind in der Handlungsempfehlung „Nervenlokalisierung in der peripheren Regionalanästhesie“ der DGAI (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin) ausführlich geschildert [20]. Ohne auf die technischen Details der Neurostimulation einzugehen, sind in diesem Kapitel die erwarteten qualitativen Reizantworten der Blöcke aufgelistet. Einschränkung können sich frische Frakturen auswirken, da die Anwendung ei-

nes Neurostimulators hierunter für den Patienten sehr unangenehm sein kann. Im Hinblick auf die Hygiene für die Anlage und weiterführende Versorgung von Regionalanästhesieverfahren gelten die „10 Gebote“ der DGAI [21].

Anstelle einer Auflistung der allgemeinen Kontraindikationen der Regionalanästhesie sei hierzu auf Lehrbücher der Regionalanästhesie verwiesen.

1.5.3 Axilläre Blockade

Der Patient liegt in Rückenlage, wobei der Kopf zur kontralateralen Seite gedreht wird und der zu betäubende Arm auf einer Armschale um 90° abduziert und in der Ellenbeuge ebenfalls um 90° dorsoflektiert wird [22] (s. Abb. 1.3). Die A. und V. axillaris in Höhe des Überkreuzens durch den M. pectoralis major stellen sowohl die Leit- als auch die gleichzeitig zu meidenden Begleitstrukturen dar [2]. Die Blockade des distalen Plexus brachialis (C5–Th1) erfolgt im Bereich der Axilla durch gezieltes Aufsuchen der zu betäubenden einzelnen Nerven: N. musculocutaneus, N. medianus, N. ulnaris und N. ra-

dialis (Cave: Es bestehen mehrere anatomische Variationen! [2]). Der N. musculocutaneus entfernt sich meist im Verlauf von proximal nach distal von der A. subclavia. Auch unter sonografischer Kontrolle ist der N. radialis nicht immer leicht darzustellen.

Reizantworten sind durch folgende Kennmuskeln bei unterstützender Verwendung der Neurostimulationstechnik (dual guidance) zu erwarten [1]:

- ▲ N. musculocutaneus: M. biceps brachii, M. brachialis – Beugung des Unterarms
- ▲ N. medianus: M. flexor carpi radialis, M. flexor pollicis brevis, M. flexor digitorum profundus (II–III) – Palmarflexion des Handgelenks
- ▲ N. ulnaris: M. flexor carpi ulnaris, M. flexor digitorum profundus (IV–V) – Ulnarflexion des Handgelenks
- ▲ N. radialis: M. triceps brachii, M. extensor carpi radialis, M. extensor digitorum – Strecken des Unterarms, Supination der Hand

Die einzelnen Nerven werden sonografisch in der Kurzachse dargestellt. Punktiert und konsekutiv blockiert wird jeder Nerv einzeln in der In-plane-Technik etwas distal der



Abb. 1.3: Axillärer Block. Anlotung und Nadelführung. In-plane-Technik. Nadelvorschub nur unter permanenter Visualisierung der Nadelspitze! (Schallkopf hier nicht steril verpackt, da nur Simulation der Punktionssituation)

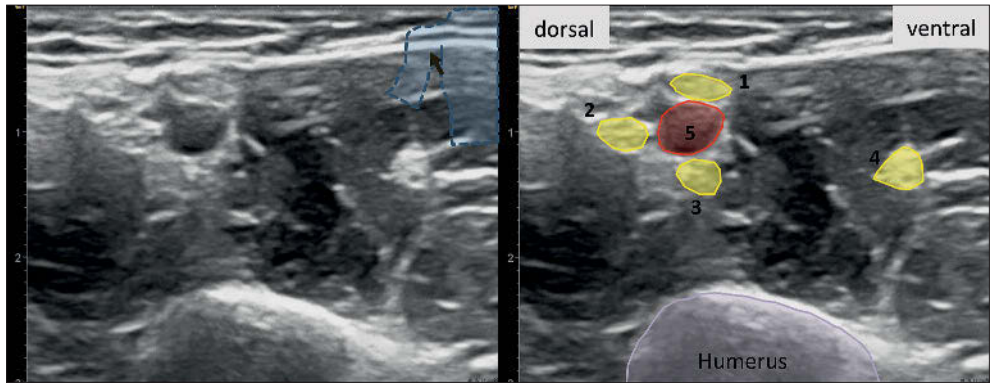


Abb. 1.4: Sonoanatomie der Axilla. 1 N. medianus, 2 N. ulnaris, 3 N. radialis, 4 N. musculocutaneus, 5 A. axillaris

Überkreuzung der Axilla durch den M. pectoralis major (s. Abb. 1.4). Auch eine Out-of-plane-Technik ist möglich. Durch Angulieren der Nadel und Verschieben der Haut lassen sich die Einzelnerven ohne erneute Hautpunktion meist gut erreichen. Ist eine eindeutige Identifizierung der Nerven nicht möglich, kann es hilfreich sein, die Nerven zunächst in ihrem Verlauf etwas distaler darzustellen und dann zurückzuverfolgen [4].

Das Lokalanästhetikum (LA) wird unmittelbar perineural injiziert, sodass die Nerven möglichst vollständig vom LA umspült werden. Regelmäßig werden hierbei die folgenden Dosierungen appliziert:

- ▲ Analgesie (Single-shot- oder Kathetervverfahren): Ropivacain 0,2% jeweils 5 ml pro Nerv
- ▲ OP-Fähigkeit (Mono-Regionalanästhesie): Ropivacain 0,75% jeweils 5 ml pro Nerv
- ▲ Kontinuierlich postoperativ: Ropivacain 0,2% 8 ml/h mit patientenkontrolliertem Bolus 4 ml/h

Mit dem Wirkeintritt ist nach ca. 10–20 min zu rechnen [5].

1.5.4 Infraklavikuläre Blockade (ICB)

Der Patient befindet sich in Rückenlage und hat den durch einen Kopfring oder eine

sonstige Unterlage stabilisierten Kopf zur kontralateralen Seite gedreht. Der Arm der zu punktierenden Seite wird dem Körper angelagert [22]. Nach der erfolgreichen sonografischen Darstellung der A. subclavia (Leitstruktur) wird der kranial hiervon gelegene Plexus in der Kurzachse aufgesucht, ebenso wie die dorsal und medial gelegene Pleura. Um den Plexus im rechten Winkel darstellen zu können, ist es oft nötig, den Schallkopf ein wenig aus der Kurzsachsebene herauszudrehen [4]. **Cave:** Plexusanteile können auch ventral und dorsal der A. subclavia liegen! Nichtsdestotrotz ist eine singuläre Injektion meist ausreichend, um eine suffiziente Analgesie zu erreichen [23]. Die Punktion erfolgt vor dem Abzweigen der Nn. axillaris und musculocutaneus unmittelbar unterhalb der Klavikula in der In-plane-Technik (s. Abb. 1.5), möglichst zentral dorsokranial der A. subclavia, die zusammen mit der V. subclavia medial des Plexus verläuft (s. Abb. 1.6). Obgleich hier i.d.R. nur eine geringe Gefäßverletzungsgefahr besteht, stellt diese die Hauptkomplikation bei der ultraschallgestützten Anlage dar [14]. Auch ist eine wirksame Kompression der Gefäße im Fall der akzidentellen Gefäßpunktion nicht möglich. Weitere zu meidende medial gelegene Begleitstrukturen stellen die Pleura (**Cave:** Pneumothorax!) sowie der Grenzstrang (**Cave:** Horner-Syndrom!) dar [2].